

УДК 621.313.821

Р.П. Духно, М.А. Коваленко, канд.техн.наук

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут",
Україна

ТРИВИМІРНА ПОЛЬОВА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ІЗ ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ

R.P. Dukhno, M.A. Kovalenko, Ph.D.

3D FIELD MATHEMATICAL MODEL OF DIRECT CURRENT MOTOR WITH PERMANENT MAGNETS

Представлено тривимірну польову математичну модель двигуна постійного струму (ДПС) для приводу бензонасоса паливної системи автомобіля. Дослідження кінцевих ефектів та впливу магнітних полів розсіювання лобових частин являється неможливим із використанням двовимірної польової математичної моделі, характер поля є суттєво тривимірним. Тому, в роботі в якості основної моделі, необхідно використовувати методи за засоби тривимірного моделювання електромагнітних полів. Основними перевагами тривимірної моделі являються: можливість дослідження кінцевих ефектів; можливість дослідження впливу магнітних полів розсіювання лобових частин [1]. В якості прототипу обрано малопотужний електробензонасос марки BOSCH для легкового автомобіля.

Чисельна реалізація моделі виконується методом скінченних елементів (МСЕ).

Етапи розробки тривимірної польової математичної моделі:

- демонтаж, запис та вимір основних геометричних величин та параметрів досліджуваного об'єкта;
- побудова геометрії в системі автоматизованого проектування SolidWorks;
- імпорт побудованої геометрії в середовище для тривимірного моделювання
- створення і дослідження моделі в пакеті для чисельних розрахунків.

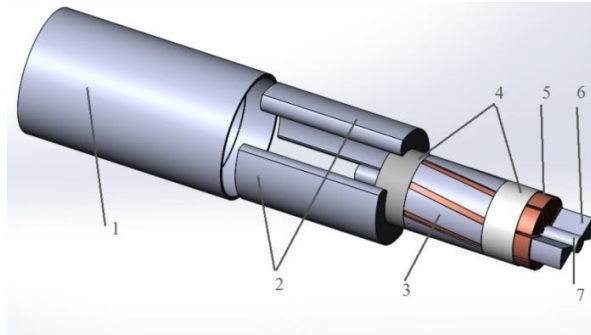


Рис. 1 Вигляд побудованої моделі з рознесеними частинами:

- 1 – корпус; 2 – постійні магніти; 3 – ротор; 4 – лобові частини залиті пластмасою; 5 – колектор; 6 – щітки; 7 – вал

Розрахункова область системи та рівняння електромагнітного поля.

Припущення, прийняті в тривимірній польовій математичній моделі:

- магнітне осердя ротора виконано не електропровідним;
- з метою заощадження апаратних ресурсів ПЕОМ не враховується нелінійні характеристики магнітного осердя ротора.

Рівняння тривимірного електромагнітного поля, відносно векторного магнітного потенціалу A [1]:

$$(2.1)$$

де B_r – остаточна індукція постійного магніту; J_c – густини струмів в обмотці ротора; μ - магнітна проникність.

Диференціальне рівняння в часткових похідних формулюється в межах розрахункової області, що відображає конструкцію ДПС. Ця область включає в себе конструктивні елементи двигуна.

Розрахункова область моделі знаходиться всередині циліндра, радіус якого в 1,2 більше за радіус корпусу двигуна (рис. 2.5), де 1 - корпус; 2 – розрахунковий циліндр.

Електромагнітний момент ДПС приводу бензонасосу паливної системи автомобіля [1]:

$$(2.2) \quad (2.3)$$

де B_n, B_τ – нормальна і тангенціальна складова магнітної індукції до поверхні ротора; R_r, L_p – радіус і довжина ротора; p – число пар полюсів; τ – полюсна поділка ротора.

Розрахунок електромагнітного моменту проводиться за методикою, що використовується для розрахунку електромагнітного моменту в двовимірних моделях та порівнюється із результатами, що отримані при розрахунку моменту в рамках тривимірної польової математичної моделі через поверхневий вектор густини магнітного зусилля.

Для отримання однозначного розв'язку на межах розрахункової області задаються граничні умови першого роду:

$$A(x, y, z, t)|_{G_1} = 0, \{x, y, z\} \in G_1, \quad (2.4)$$

це означає прийняття припущення про відсутність магнітних потоків, що проходять через межу G_1 розрахункової області.

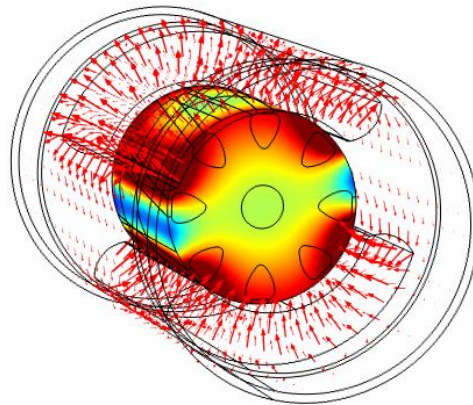


Рис.2 Результат моделювання магнітного поля досліджуваного ДПС
Стрілки на рис. 2 відповідають напрямку руху магнітного потоку в межах полюсу.
Фоновим зафарбуванням зображено розподіл магнітної індукції в роторі.

Література

1. Ю. М. Васьковський. Польовий аналіз електричних машин: Навч. посіб.– Київ: НТУУ "КПІ", 2007. – 192с.